

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

(институт)

**Промышленная электроника**

(кафедра)

**11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

(код и наименование направления подготовки, специальности)

**Промышленная электроника**

(направленность (профиль))

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему **Преобразователь частоты в цифровой код**

Студент (ка)

А.Ю. Андреев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Г.Н. Абрамов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2017

## Аннотация

Объем 47с., 12 рис., 22 источника, таб.4.

Объектом бакалаврской работы является преобразователь частоты в цифровой код.

Цель бакалаврской работы состояла в изучении и проектировании цифровых преобразователей (измерителей) частоты.

Для этого в бакалаврской работе осуществлен аналитический обзор способов и средств цифрового преобразования частоты гармонических сигналов.

Приводятся функциональная и принципиальная схемы цифрового преобразователя, описываются его основные характеристики, принцип работы и построения.

Разработана печатная плата счетного блока преобразователя, ее компоновка и расположение радиоэлементов.

В качестве элементной базы использованы МК типа PIC16F84A и полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды).

Преобразователь имеет  $U_{вх} = (0,1 \div 0,7)$  мВ; диапазон преобразования – (10Гц ÷ 30МГц); чувствительность – (0,1 ÷ 0,2) мВ.

## Содержание

Введение.....	4
1. Обзор и анализ способов и средств преобразования частоты в цифровой код.....	5
1.1. Способы преобразования частоты в цифровой код (ПЧЦК).....	5
1.2. Погрешность измерения частоты.....	9
1.3. Способ преобразования периода частоты в цифровой код.....	11
1.4. Средств цифрового преобразования частоты (периода) в цифровой код.....	13
2. Функциональная схема преобразователя частоты в цифровой код.....	19
3. Принципиальная электрическая схема ПЧЦК.....	21
4. Разработка конструкции ПЧЦК.....	26
4.1 Печатная плата счетного блока преобразователя.....	26
4.2 Компоновка печатной платы ПЧЦК.....	29
4.3 Расчет печатной платы.....	31
5. Определение стоимости основных и вспомогательных материалов, включая комплектующие изделия.....	36
6. Необходимые меры безопасности при сборке преобразователя.....	39
Заключение.....	44
Список используемой литературы.....	46

## Введение

С цифровым преобразованием (измерением) частоты и периода гармонических сигналов связаны решения многих как поисковых научных, так и чисто технических задач. Цифровое преобразование частоты, периода, а также других параметров электрических сигналов, связанных со временем, является главной задачей в информационно – измерительных, информационно - телекоммуникационных и других системах. Технические средства частотных и временных цифровых преобразований (ЦП) формируют единый комплекс приборов, который позволяет обеспечить возможность проведения ЦП с непосредственной их привязкой к Государственному эталону частоты и времени. Что обеспечивает возможность высокой точности цифрового преобразования. Базой для частотных и временных цифровых преобразователей служит набор Государственных стандартов частоты, то есть высокоточных мер частоты и времени. В который входят как рубидиевый, цезиевый, водородный, так и кварцевый стандарты.

Преобразование частоты в цифровой код осуществляется цифровыми электронно - счетными частотомерами. К достоинствам цифрового преобразования (измерения) относится низкая погрешность преобразования, широкий диапазон преобразуемых значений частот, а также возможность дальнейшей обработки цифровых результатов посредством таких вычислительных средств как микропроцессоры и персональные компьютеры.

В ряде случаев диапазон преобразования цифровых частотомеров ограничивается снизу погрешностью дискретизации (методической погрешностью), а сверху — ограниченным быстродействием применяемых счетных блоков. Верхнее значение предела ЦП частоты, за редким исключением, не превышает 200 МГц, и при необходимости его расширяют путем гетеродинного переноса преобразуемой частоты в область более низких частот.

# 1. Обзор и анализ способов и средств преобразования частоты в цифровой код.

## 1.1. Способы преобразования частоты в цифровой код (ПЧЦК)

Преобразователи частоты в цифровой код обладают широким динамическим диапазоном преобразуемых частот, обычно от единиц герц до сотен мегагерц и обеспечивают относительную погрешность преобразования порядка  $10^{-6} \dots 10^{-9}$ .

ПЧЦК могут служить многофункциональными устройствами, например могут осуществлять преобразование в цифровой код (ЦК) не только частоту и отношения двух различных частот, но и периода следования периодических сигналов и временного интервала, заданного старт – стоповыми импульсами.

При преобразовании частоты в цифровой код результирующая погрешность преобразования, в виду присутствия частной погрешности дискретизации, увеличивается с уменьшением значения преобразуемой частоты  $f_x$ .

В случае малого значения частоты  $f_x$  данная погрешность превосходит допустимое значение даже при максимальном времени счета  $T_0$ , которое не превышает  $(1 \div 10)$  с.

Поэтому в данном случае преобразуется в ЦК период  $T_x$  следования данной частоты, а уже далее вычислять значение частоты как  $f_x = 1 / T_x$  [1-3].

В связи со сказанным существует два способа преобразования частоты в ЦК:

- первый (прямой) используется для преобразования больших значений частоты и заключается в преобразовании непосредственно частоты в ЦК;

- второй (косвенный) применяется в случае преобразования малых значений частоты и заключается в преобразовании значения периода  $T_x$  преобразуемой частоты, а затем вычислении самого значения частоты, согласно

равенства  $f_x = 1/T_x$ .

Ниже рассматриваются оба этих способа.

Способ преобразования больших значений частоты периодического синусоидального сигнала в ЦК иллюстрирует рисунок 1.1, на котором рассматриваются структурная схема ПЧЦК при режиме преобразования непосредственно частоты и ее временные диаграммы (ВД) работы.

Преобразуемый периодический сигнал, частотой  $f_x$ , поступает на входное устройство (ВУ), которое нормирует его до значения, необходимого для функционирования последующих узлов ПЧЦК (см. рисунок 1.1, а).

Выходной сигнал ВУ равный  $u_1$  (см. рисунок 1.1, б) подается на формирователь импульсов (Ф1), который образует из него периодическую последовательность коротких и однополярных счетных импульсов  $u_2$ , с периодом  $T_x = 1/f_x$ .

При этом передние фронты счетных импульсов  $u_2$  должны строго соответствовать моментам времени перехода сигнала  $u_1$  через нулевое значение временной оси при его увеличении.

Формирователь импульсов Ф1 в своем составе имеет усилитель-ограничитель и триггер Шмидта.

Счетные импульсы  $u_2$  подаются на первый вход временного селектора (ВС), а на второй его вход подается стробирующий импульс (СБ - импульс)  $U_3$  прямоугольной формы и образцовой длительности  $T_0 > T_x$  от устройства формирования и управления (УФУ).

Причем временной интервал  $T_0$  обычно называют «временем счета». ВС открывается СБ - импульсом  $u_3$  и в течение длительности  $T_0$  пропускает серию импульсов  $u_2$  на счетчик (СЧ).

В результате этого в СЧ фиксируется серия из  $N_x$  импульсов  $u_4$ .

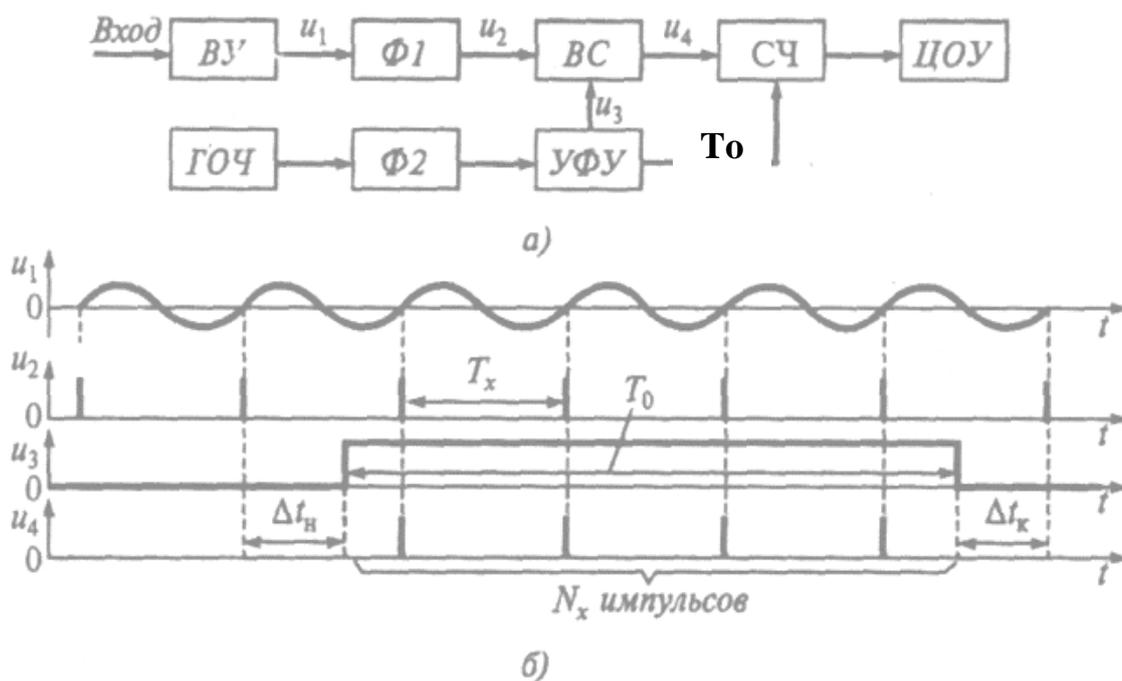


Рисунок 1.1 – Способ ПЧЦК в режиме прямого преобразования частоты:

а — структурная схема; б — ВД его работы

Из рисунка 1.1,б нетрудно определить следующее равенство

$$T_0 = N_x T_x - \Delta t_n + \Delta t_k = N_x T_x - \Delta t_d, \quad (1)$$

здесь  $\Delta t_n$  и  $\Delta t_k$  — погрешности дискретизации, соответственно начала и конца временного интервала  $T_0$ , обусловленные вероятностным характером расположения СБ - импульса по отношению к счетным импульсам  $u_2$ ;  $\Delta t_d = \Delta t_n - \Delta t_k$  — результирующая погрешность дискретизации.

Пренебрегая в выражении (1) погрешностью  $\Delta t_d$ , можно записать, что количество импульсов в серии  $N_x = T_0 / T_x = T_0 f_x$ .

При этом преобразуемая частота будет иметь прямо пропорциональную зависимость от количества счетных импульсов, зафиксированных в СЧ

$$f_x = N_x / T_0. \quad (2)$$

С целью создания СБ - импульса на устройство УФУ подаются

короткие импульсы с периодом  $T_0$ , которые на рисунке 1.1,а условно не приведены, от блоков, состоящих из генератор образцовой частоты (ГОЧ) и второго формирователь импульсов (Ф2), который по построению аналогичный Ф1.

ГОЧ состоит из кварцевого генератора образцовой частоты  $f_{KB}$  и декадного делителя частоты (ДЧ) с коэффициентом деления  $K_D$ , то есть каждая декада понижает значение частоту  $f_{KB}$  в десять раз [4,5].

Период следования импульсов с выхода Ф2 и длительность СБ - импульса должны быть равны периоду сигнала на выходе ДЧ, то есть

$$T_0 = K_D / f_{KB};$$

тогда условие (2) представляется как

$$f_X = N_X f_{KB} / K_D. \quad (3)$$

Отношение  $f_{KB} / K_D$  можно дискретно изменять посредством изменения количества декад ДЧ.

Счетчик (СЧ) подсчитывает число  $N_X$  импульсов и выдает цифровой результат преобразования частоты в цифровое отсчетное устройство (ЦОУ).

В обычном случае отношение  $f_{KB} / K_D$  устанавливается равным  $10^n$  Гц, где  $n$  — должно быть целым числом.

ЦОУ визуально показывает число  $N_X$ , соответствующее преобразуемой частоте  $f_X$  в выбранных единицах. Например, при  $n=6$ , число  $N_X$  на ЦОУ, описывает частоту в мегагерцах.

Следует особо отметить, что перед началом каждого преобразования УФУ устанавливает показания СЧ в нуль.

## 1.2. Погрешность измерения частоты

Погрешность преобразования частоты в цифровой код (ЦК)  $f_x$  обладает систематической и случайной составляющими [6-8].

Систематическая составляющая обусловлена долговременной нестабильностью частоты колебаний кварцевого генератора (КГ)  $f_{KB}$ .

Одним из способов ее уменьшения заключается в термостатировании кварцевого резонатора или использования в КГ элементов с термокомпенсацией.

В этом случае относительная нестабильность частоты  $f_{KB}$  за сутки не превышает значения  $\delta_{KB} = 5 \cdot 10^{-9}$ .

В тоже время погрешность за счет неточности установки номинального значения частоты  $f_{KB}$  снижают посредством калибровки КГ сигналам образцовых значений частоты, передаваемых по радио или с посредством портативных квантовых стандартов частоты.

Относительная погрешность калибровки КГ обычно не превышает значения равного  $(1...5)10^{-10}$ .

На практике необходимая стабильность частоты обеспечивается использованием в КГ системы фазовой автоподстройки (ФАПЧ).

Случайная составляющая определяется погрешностью дискретизации  $\Delta t_D = \Delta t_H - \Delta t_K$ .

Так как взаимная синхронизация СБ - импульса и счетных импульсов отсутствует, погрешности  $\Delta t_H$  и  $\Delta t_K$ , определяющие положение начала и конца СБ - импульса между соседними двумя счетными импульсами, могут принимать во времени с равной вероятностью значения от нуля до  $T_x$ .

Поэтому по характеру проявления погрешности  $\Delta t_H$  и  $\Delta t_K$  относятся к случайным и имеют равномерный закон распределения.

А по причине независимости данных погрешностей, общая погрешность

дискретизации  $\Delta t_d$  распределяется по треугольному закону с предельными значениями  $\pm T_x$

Наибольшую погрешность  $\pm T_x$  в ряде случаев учитывают посредством эквивалентного случайного изменения числа счетных импульсов ( $N_x$ ) на плюс – минус один импульс.

Тогда наибольшая абсолютная погрешность дискретизации определяется разностью значений частоты  $f_x$ , вычисляемых из выражений (2) или (3) при

$(N_x \pm 1)$  и  $N_x$ ,

и равна [9,11].

$$\Delta N_x = \pm 1$$

$$\Delta f_x = \pm 1/T_0.$$

Соответствующая максимальная относительная погрешность:

$$\delta = \Delta f_x / f_x = \pm 1/N_x = \pm 1/(T_0 f_x).$$

С учетом выше сказанного суммарная относительная погрешность преобразования частоты в цифровой код нормируется в процентах значением

$$\delta_{f_x} = \pm 100(\delta_{KB} + \frac{1}{T_0 f_x}). \quad (4)$$

Таким образом, суммарная (результатирующая) погрешность преобразования за счет погрешности дискретизации возрастает в процессе уменьшения значения преобразуемой частоты  $f_x$ .

При достаточно малой частоте  $f_x$  она может превысить допустимое значение при максимальном времени счета  $T_0$ , которое не превышает  $(1 \div 10)$  с.

При таком варианте следует преобразовывать период

$$T_x = 1/f_x$$

следования частоты, а уже затем вычислять  $f_x$ . Для снижения воздействия погрешности дискретизации на цифровой результат преобразования  $f_x$  рекомендуется также проводить ее многократное преобразование с последующим осуществлением их статистической обработки [10,12].

### 1.3. Способ преобразования периода частоты в цифровой код

Как уже отмечалось выше, результирующая погрешность преобразования за счет погрешности дискретизации возрастает по мере уменьшения значения преобразуемой частоты  $f_x$ .

Причем при достаточно малой частоте она может превысить допустимое значение времени счета  $T_0$ .

В таком случае целесообразно преобразовывать период  $T_x=1/f_x$  частоты, а уже далее вычислять частоту  $f_x$ .

Способ преобразования периода частоты периодического сигнала в цифровой код (ЦК) представлен на рисунке 1.2, где присутствует структурная схема преобразования периода преобразуемой частоты и временные диаграммы (ВД) его работы.

Цифровое преобразование частоты в ЦК в этом случае заключается в заполнении временного интервала равного по длительности  $T_x$  импульсной последовательностью с образцовым периодом  $T_0$  следования и подсчете числа  $M_x$  этих импульсов, заполнивших ВИ равный  $T_x$ .

Периодический сигнал, период  $T_x$  следования которого подвергается цифровому преобразованию, через входное устройство ВУ (рисунок 1.2, б, где  $u_1$  - выходной сигнал ВУ) и формирователь импульсов  $\Phi 2$  преобразуется в последовательность коротких импульсов  $u_2$  с таким же периодом [13,18].

В устройстве формирования и управления УФУ из последовательности  $u_2$  формируется СБ - импульс  $u_3$  прямоугольной формы и длительностью  $T_x$ , который далее подается на первый вход временного селектора ВС.

На второй вход которого заводится образцовая импульсная последовательность  $u_4$  с периодом следования  $T_0$ , сформированная  $\Phi 1$  из периодических колебаний генератора опорной частоты ГОЧ.

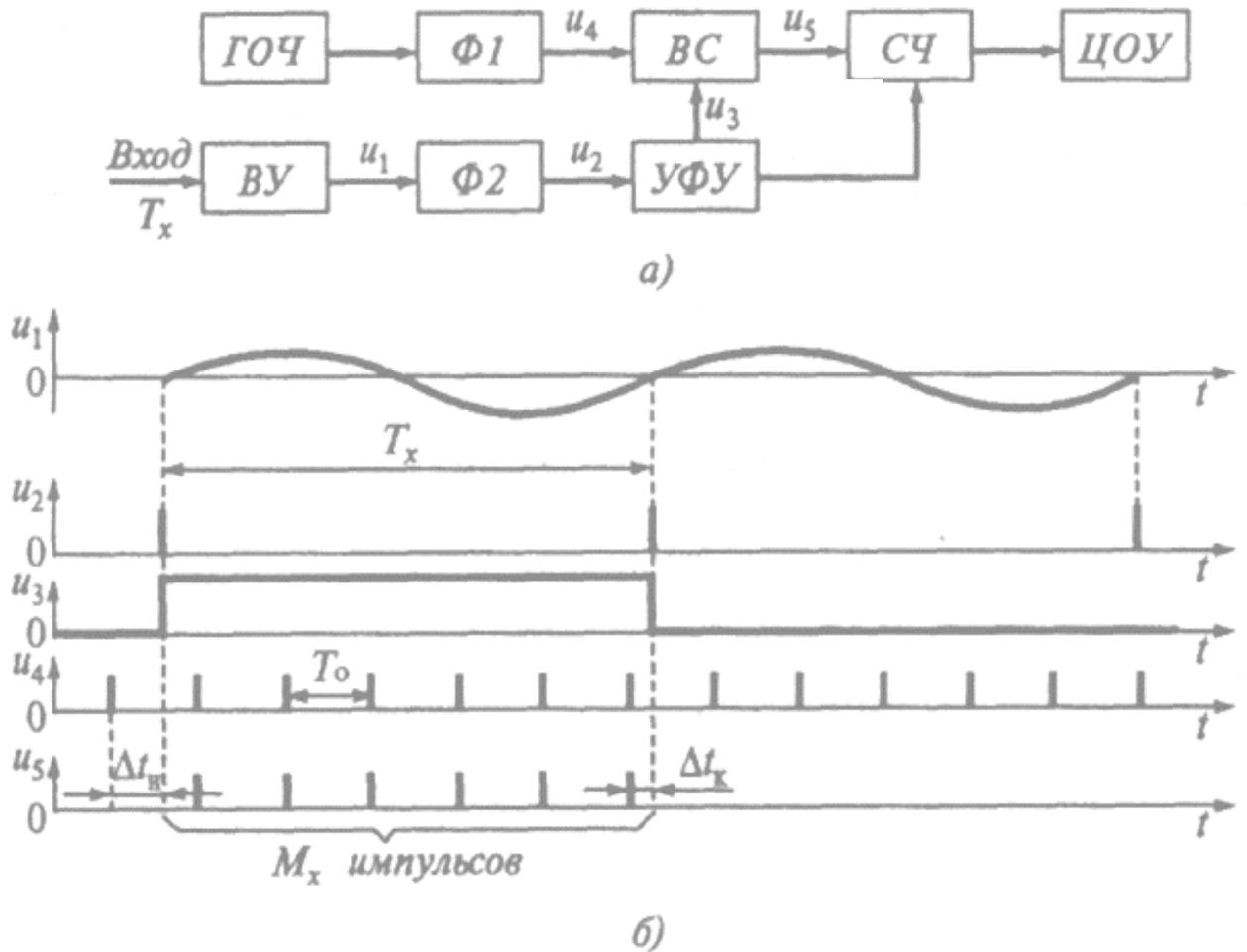


Рисунок 1.2 – Способ ПЧЦК в режиме преобразования периода:  
 а - структурная схема; б – временные диаграммы

В тоже время *ВС* пропускает на счетчик импульсов *СЧ*  $M_x$  счетных импульсов импульсной последовательности  $u_4$  в течение времени  $T_x$ , которое равно длительности СБ - импульса  $u_3$ .

Тогда значение преобразуемого периода  $T_x$

$$T_x = M_x T_0 + \Delta t_d, \quad (5)$$

здесь  $\Delta t_d = \Delta t_n - \Delta t_k$  — общая (результатирующая) погрешность

дискретизации, а  $\Delta t_H$  и  $\Delta t_K$  — погрешность дискретизации, соответственно, начала и конца преобразуемого периода  $T_x$ .

Если в выражении (5) погрешность  $\Delta t_d$  не учитывать, то количество импульсов, зафиксированных в СЧ, будет равно

$$M_x = T_x / T_0,$$

а преобразуемый период прямо пропорционален числу  $M_x$ :

$$T_x = M_x T_0. \quad (6)$$

Цифровой код счетчика импульсов СЧ, подаваемый на цифровое отсчетное устройство ЦОУ, соответствует числу подсчитанных СЧ счетных импульсов  $M_x$ , а само показание ЦОУ — периоду  $T_x$ , так как период следования счетных импульсов  $u_s$  берется из условия, что  $T_0 = 10^{-n}$ , где  $n$  — должно быть целым, а не дробным, числом. Например, при  $n = 6$ , ЦОУ отображает число  $M_x$ , соответствующее периоду  $T_x$ . [14,17].

#### **1.4. Средств цифрового преобразования частоты (периода) в цифровой код**

Для построения преобразователей частоты в цифровой код применяются два классических способа, рассмотренные в п.1.3.

И если первый из них используется для преобразования высоких частот, то второй только для низких частот.

**Первый способ построения ПЧЦК** состоит в проведении счета числа входных импульсов, сформированных из преобразуемого периодического сигнала, в течении строго установленного ВИ.

Функциональная схема, воплощающая первый способ ПЧЦК, приведена на рисунке 1.3.

Она реализована на программируемом таймере (ПТ) типа КР580ВИ53.

Работает такой преобразователь следующим образом.

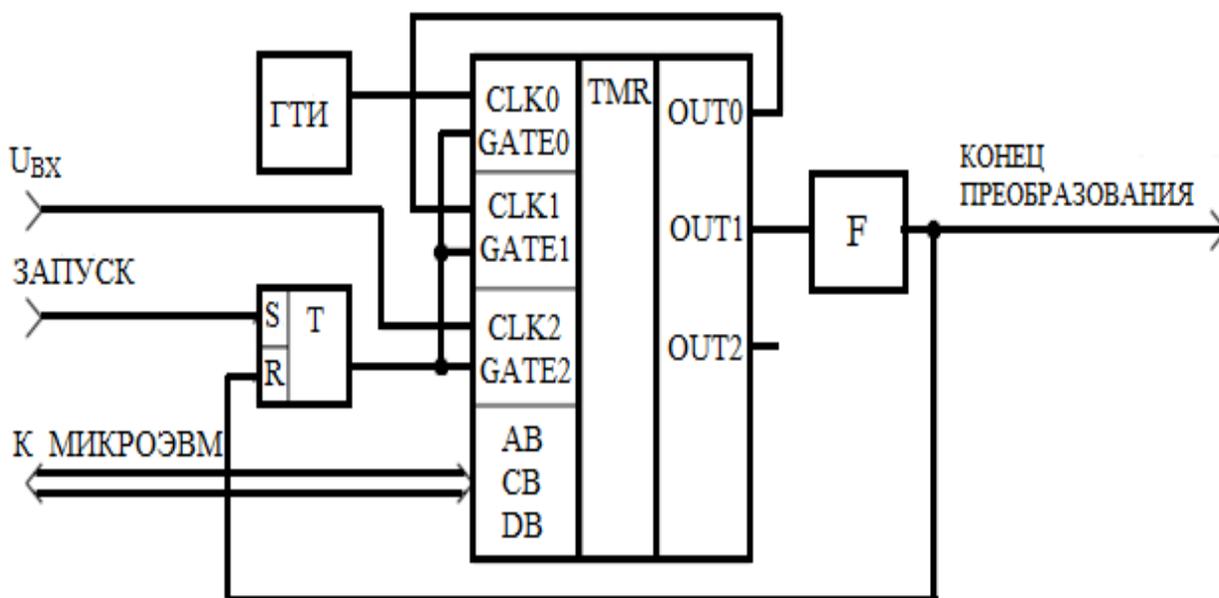


Рисунок 1.3 – ПЧЦК, реализующий первый способ преобразования

При подачи на ПЧЦК импульса «Запуск» RS- триггер встает в состояние «логическая единица» и осуществляет начало работы всем трем каналам ПТ.

Нулевой и первый каналы ПТ создают ВИ преобразования, а вторым каналом производится подсчет входных импульсов  $N_{вх}$ .

Формирование образцового ВИ оканчивается появлением на выходе OUT1 ПТ строба, которым одновибратор F создает импульсный сигнал «Конец преобразования», которым RS-триггер переходит в состояние «логический ноль», что останавливает работу всех трех каналов ПТ.

Вместе с тем сигналом «Конец преобразования» производится чтение данных из второго канала ПТ.

Для выполнения нового преобразования в каналы ПТ необходимо загрузить соответствующие числа и подать сигнал "ЗАПУСК".

**Второй способ построения ПЧЦК** состоит в том, что в течение ВИ, строго равного периоду следования преобразуемой частоте, производят подсчет числа счетных импульсных сигналов, следующих с постоянной и строго установленной частотой.

Далее, устанавливают значение ЦК периода следования преобразуемой последовательности, обратное значение которого и служит ЦК, соответствующий преобразуемой частоте [15,16].

Функциональная схема ПЧЦК, выполненная согласно второго способа, рассмотрена рисунке 1.4 и выполнена также на программируемом таймере (ПТ) КР580ВИ53. Работает ПЧЦК следующим образом.

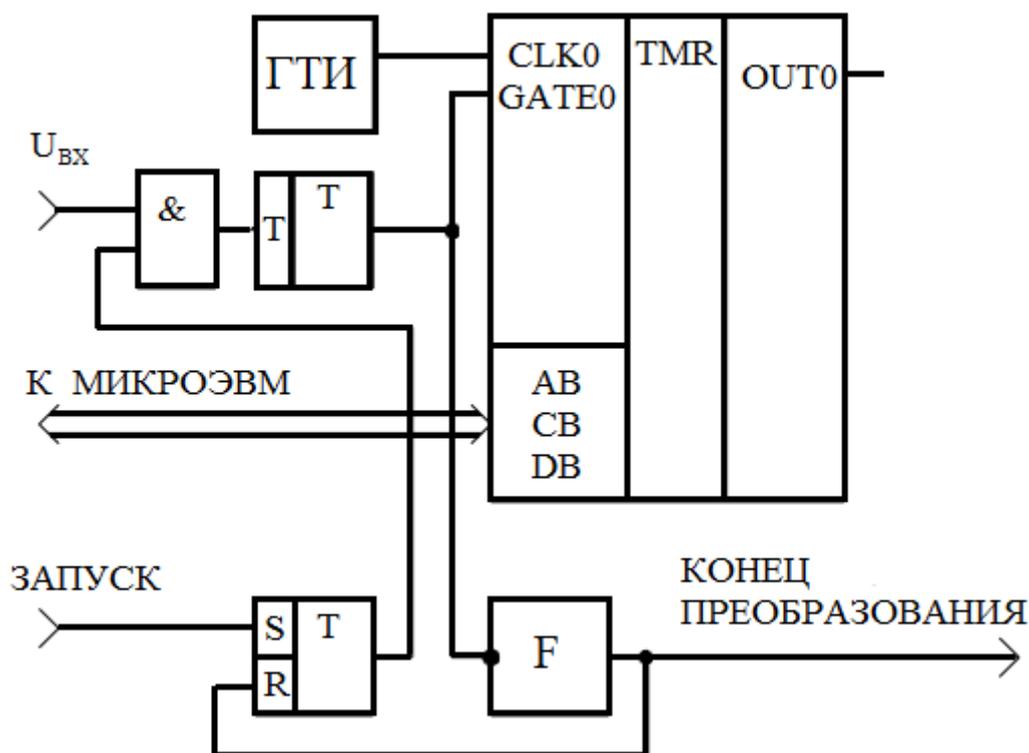


Рисунок 1.4 – ПЧЦК, реализующий второй способ преобразования

В данном случае импульсный сигнал «Запуск» также переводит RS-триггер в состояние «логическая единица» и разрешает поступление входных импульсов через логическую схему И. Передний фронт первого входного импульса переводит T-триггер в состояние «логический ноль».

В результате данного процесса в нулевом канале ПТ начинается подсчет ранее записанного числа  $M''_0$ . Значение этого числа при выполнении преобразований в любом из поддиапазонов преобразования следует выбирать  $M''_0$  максимально возможным.

Такое условие позволяет применять для ПЧЦК наиболее высокую частоту счетных импульсов, а это приводит к значительному уменьшению погрешности преобразования.

В реальных условиях значение частоты ограничено частотными свойствами используемого ПТ.

Для ИМС типа КР580ВИ53 наибольшее значение тактовой частоты составляет 2 МГц.

Передний фронт второго преобразуемого импульса переводит T-триггер в состояние «логический ноль».

Поэтому в нулевом канале ПТ счет числа останавливается, а одновибратор F формирует импульсный сигнал «Конец преобразования», по которому RS-триггер переводится в состояние «логический ноль» и вместе с тем производит чтение данных из нулевого канала ПТ.

**Третий способ построения ПЧЦК** состоит в том, что счет числа счетных, поступающих со строго определенной частотой производят в течении ВИ, точно равным периодам преобразуемых импульсов  $T_x$  [17].

Далее осуществляя алгебраические операции умножение и деление полученного цифрового результата, определяют цифровой код периода следования  $T_x$ , обратная величина которого и представляет собой ЦК, равный значению частоты  $f_x$ .

Функциональная схема ПЧЦК, выполненная согласно третьего способа, рассмотрена рисунке 1.5 и выполнена также на программируемом таймере (ПТ) КР580ВИ53.

Процесс преобразования в данном способе происходит таким образом. При подаче импульса «Запуск» RS- триггер T2 устанавливается в состояние «логическая единица» и разрешает прохождение преобразуемых импульсов через логическую схему И.

Передний фронт первого же импульса преобразуемого сигнала  $U_{ВХ}$  переводит RS-триггер T1 в состояние «логическая единица».

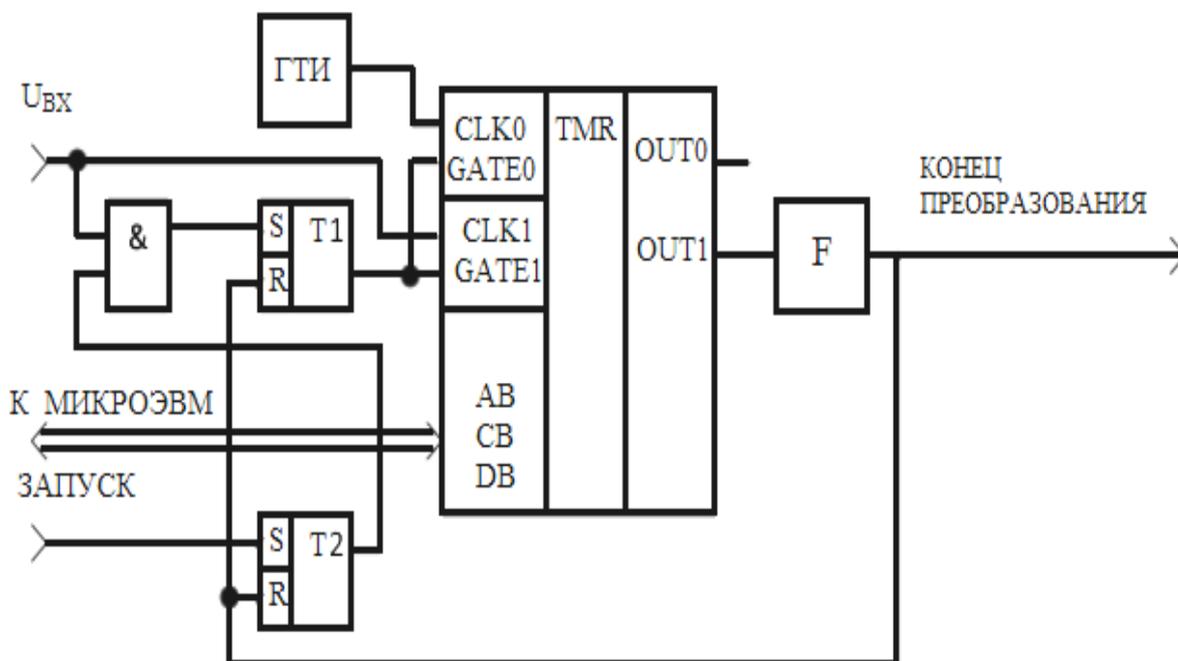


Рисунок 1.5 – ПЧЦК, реализующий третий способ преобразования

В итоге этих процедур в нулевом и первом каналах ПТ происходит отчет ранее зафиксированных чисел  $M_0^{III}$  и  $M_1^{III}$ .

Причем число  $M_0^{III}$  при выполнении преобразований в любом из

поддиапазонов необходимо брать максимально большим.

Число  $M_1^{III}$  равно числу периодов сигнала  $U_x$ , устанавливающих ВИ, в течение которого производится цифровое преобразование.

Отсчет, например, десяти периодов сигнала  $U_x$ , заканчивается созданием на выходе OUT1 ПТ строб - импульса, которым одновибратор F создает импульсный сигнал «Конец преобразования».

Этим сигналом RS-триггеры T1 и T2 переводятся в состояние «логический ноль» работа ПТ останавливается.

Вместе с тем данным сигналом производится и чтение данных из нулевого канала ПТ.

## **2. Функциональная схема преобразователя частоты в цифровой код**

На рисунке 2.1 приведена функциональная схема ПЧЦК, работа которого осуществляется следующим образом.

Гармонический сигнал, частота которого подлежит цифровому преобразованию, подается на входной делитель напряжения (ВД). Назначение которого состоит в защите последующей части схемы от высокого, больше 0,7 В напряжения гармонического сигнала.

Первый каскад входного формирователя импульсов (ФИ), с целью обеспечения высокого входного сопротивления, исполнен на основе истокового повторителя на полевом транзисторе.

ФИ преобразует гармонический сигнал в последовательность стандартных по амплитудному значению импульсов, которая имеет в обязательном порядке с крутые фронты.

Формирователь импульсов выполняется на транзисторах VT2, VT3, при этом резистором R7 производится установка уровня крутизны передних и задних фронтов импульсов, таким образом, чтобы обеспечить высокую чувствительность на высоких частотах.

Кварцевый резонатор (КР) устанавливает тактовую (счетную) частоту функционирования микроконтроллера МК.

В ПЧЦК имеется возможность калибровки программно путем, что позволяет применять кварцевые резонаторы с диапазоном частот (1÷20) МГц. Вместе с тем следует иметь в виду, что оптимальным значением является частота КР равная 4МГц, так как на меньшей частоте КР, уменьшается быстродействие ПС контроллера, а при ее повышении возрастает его потребляемый ток.

Узел управления осуществляет выбор режима работы ЦПЧК, а также диапазон преобразования.

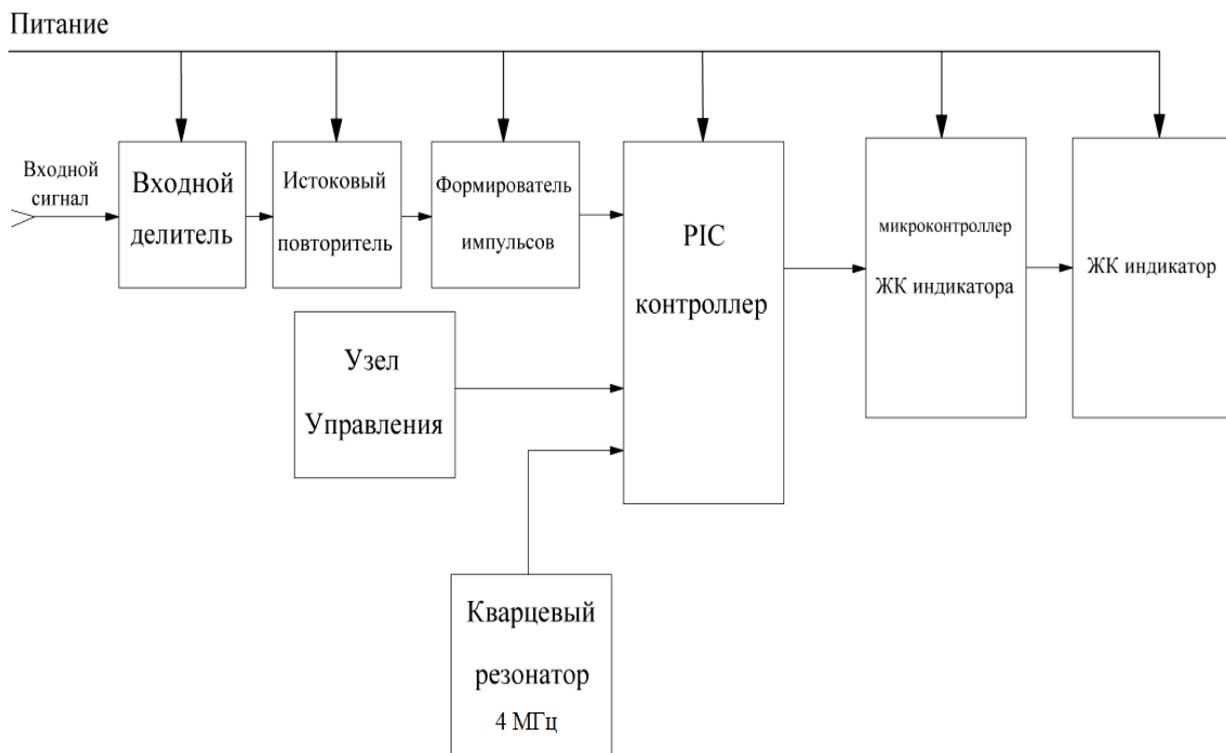


Рисунок 2.1 - Функциональная схема ПЧЦК

PIС контролер (МК) осуществляет подсчет количества импульсов, поданных на его вход в течении любого из трех образцовых временных интервалов (ВИ), которые в свою очередь равны, соответственно, первый – 0,1мкс; второй – 1мкс; третий - 10 мкс.

Также в МК, количество сосчитанных импульсов, преобразуется в двоичный код, который далее подается на микроконтроллер жидкокристаллического (ЖК) индикатора. Который и отображает его в виде десятичных чисел.

### 3. Принципиальная электрическая схема ПЧЦК

Принципиальная электрическая схема ПЧЦК приведена на рисунке 3.1.

Преобразователь осуществляет цифровое преобразование частоты гармонического сигнала в диапазоне (10Гц ÷ 30МГц), при значении чувствительности равной (100÷200)мВ и времени преобразования, в зависимости от образцового ВИ, – 0,1/1/10мкс.

При этом напряжение электропитания преобразователя равно +5В, а потребляемый ток определяется количеством включенных сегментов ЖК и имеет значение не более 130мА.

Опишем работу разработанного ПЧЦК по его принципиальной электрической схеме рисунок 3.1.

Поступающий на вход гармонический сигнал, подается через входной делитель на формирователь импульсов, который выполнен на транзисторах VT1÷VT3 и который преобразует гармонический сигнал в последовательность стандартных по амплитудным значениям с крутыми передними и задними фронтами.

Сформированная импульсная последовательность, подается на вход PIC контроллера (см. рисунок 3.1 выводы 2 и 3 ИМС DD1), в котором осуществляется подсчет числа импульсов за известный образцовый ВИ, который равен, соответственно, (0,1; 1,0 и 10,0) мкс.

В PIC контроллера сосчитанное количество импульсов преобразуется в двоичный код и по интерфейсу (рисунок 2.1 выводы RB4÷RB7 ИМС DD1) подаются на ЖКИ индикатор, где преобразуются уже в двоично - десятичный цифровой код и отображаются на экране индикатора.

Входной формирователь импульсов (ФИ) обладает полосой пропускания равной (10Гц÷100МГц). Причем нижнюю границу для синусоидального сигнала устанавливают значения емкостей конденсаторов C1 и C2.

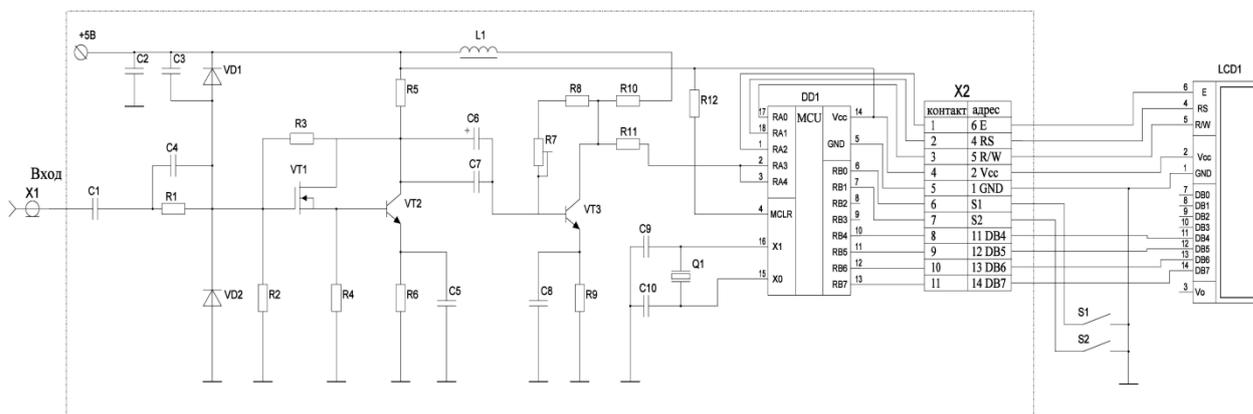


Рисунок 3.1 - Принципиальная электрическая схема ПЧЦК

Первый каскад ФИ выполнен по схеме истокового повторителя, так как только он обеспечивает входное сопротивление преобразователя более 1МОм. Присутствующие в схеме диоды VD1 и VD2 предназначены для обеспечения защиты транзистора VT1 от выхода из строя, в случае присутствия на входе высокого напряжения, то есть осуществляют ограничение по значению амплитуды уровнем 0.7В.

На транзисторах VT2 и VT3 выполнен непосредственно сам формирователь импульсов, в котором резистором R7 устанавливается крутизна передних и задних фронтов импульсов при обеспечении необходимой на высоких частотах.

В ПЧЦК имеется возможность калибровки программно путем, что позволяет применять кварцевые резонаторы с диапазоном частот (1÷20) МГц. Вместе с тем следует иметь в виду, что оптимальным значением является частота КР равная 4МГц, так как на меньшей частоте КР, уменьшается быстродействие PIC контроллера, а при ее повышении возрастает его потребляемый ток.

В данной схеме ПЧЦК кварцевый резонатор (КР) возбуждается на частоте параллельного резонанса, в то время как в КР отечественного производства указывается частота последовательного резонанса, что следует учитывать.

После технической реализации ПЧЦК требуется калибровка частоты кварцевого резонатора, которая осуществляется посредством значений конденсаторов С9 и С10. При этом для удобства калибровки следует заменить конденсатор С10 на построечный конденсатор значением емкости не более 22пФ.

Определяют частоту генерации КР путем подключения образцового частотомер (ЧМ) к точке Х1, при этом ползунок подстроечного конденсатора С10 должен находиться в своем среднем положении.

Далее полученный результат измерения округляют до ближайшего кратного 40Гц значения, например, 4000000, 4000040, 4000080 Гц и так далее.

По окончании процесса калибровки необходимо подключить преобразователь и образцовый ЧМ к генератору сигналов частотой (20÷30) МГц и амплитудой 0,1÷0,4В и добиться точного соответствия показаний частоты подстройкой конденсатора С10.

При необходимости снижения зависимости резонансной частоты КР от температурных воздействий, следует обеспечить его термостатирование. Однако в нашей разработке данной необходимости отсутствует, в виду того, что команды РИС контроллера для формирования измерительного ВИ программно достаточно хорошо отработаны.

Значения всех измерительных ВИ отлажены «по нулям», то есть  $10^5$  м. ц.,  $10^6$  м. ц.,  $10^7$  м.ц., где обозначение м. ц., читается как машинный цикл.

Далее остановимся на функционировании ЖКИ, который выполнен на микроконтроллера HD44780 фирмы «Hitachi» [16-18].

ЖКИ - индикатор содержит две строки по 16 символов в каждой. Принципиальная электрическая схема включения ЖКИ - индикатора приводится ниже на рисунке 3.2.

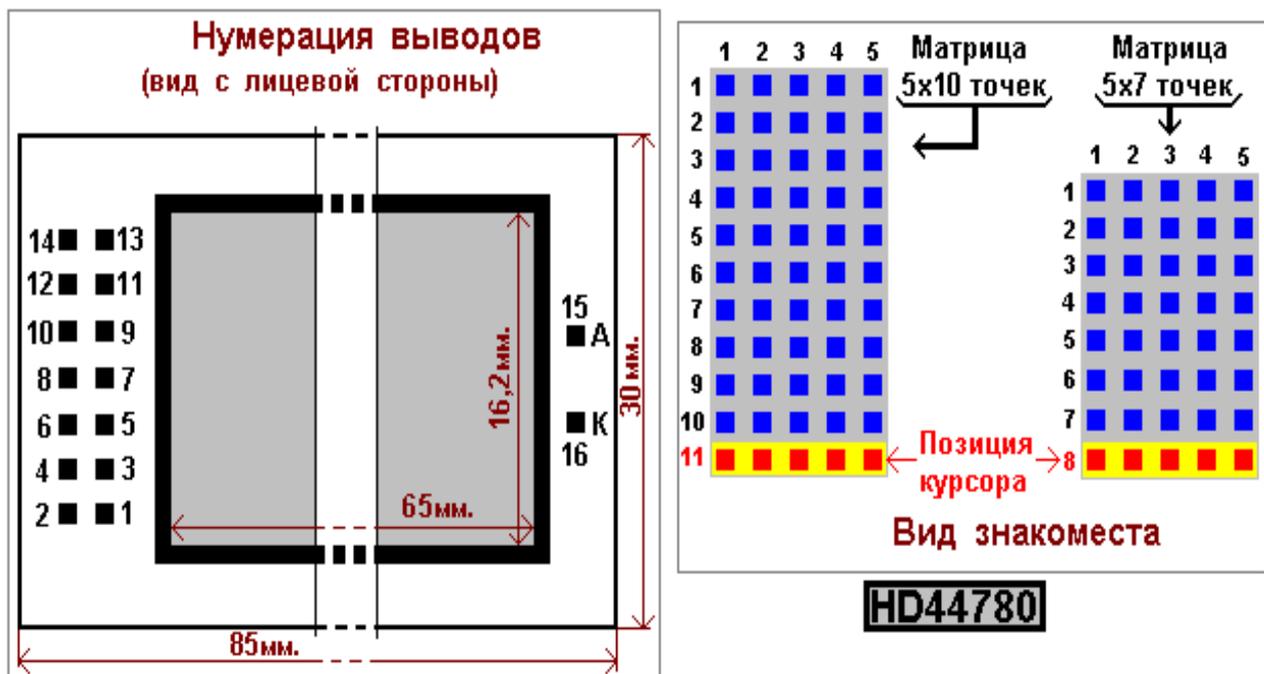


Рисунок 3.2 – ЖКИ - индикатор

Преимуществом данного индикатора являются наличие в нем встроенной оперативной памяти данных, а большая скорость заполнения знакомест символами, не приводит к резкой утомляемости органов зрения, так как мерцания разрядов отсутствует

Назначение выводов и условия выполнения команд записи и чтения ЖКИ – индикатора рассмотрены на рисунке 3.3.

Назначение выводов			Условия выполнения операций чтения и записи			
№ вывода	Название	Функция	RS	R/W	E	Операция
1	V <sub>ss</sub>	Общий (GND)	0	0		Запись в регистр команд.
2	V <sub>dd</sub>	+ напряжения питания	1	0		Запись в регистр данных (DDRAM или GGRAM).
3	V <sub>o</sub>	Контрастность	1	1		Чтение из регистра данных (DDRAM или GGRAM).
4	RS	Команды/Данные	0	1		Чтение флага занятости (DB7) и счетчика адреса (DB0...DB6).
5	R/W	Чтение/Запись				
6	E	Разрешение чтения/записи				
7	DB0	Линия данных 0				
8	DB1	Линия данных 1				
9	DB2	Линия данных 2				
10	DB3	Линия данных 3				
11	DB4	Линия данных 4				
12	DB5	Линия данных 5				
13	DB6	Линия данных 6				
14	DB7	Линия данных 7				
15	A	Напряжение подсветки (+)				
16	K	Напряжение подсветки (-)				

R/W=0 → ЗАПИСЬ, R/W=1 → ЧТЕНИЕ.  
RS=0 → КОМАНДЫ, RS=1 → ДАННЫЕ.

Рисунок 3.3 - Назначения выводов ЖК индикатора.

ПЧЦК содержит энергонезависимую память настроек, что позволяет осуществлять начало его работы с того режима, в котором происходила работа на момент времени предшествующий отключению электропитания.

В случае режима цифровой шкалы (ЦШ) посредством микро кнопки S1 – выполняется переход в режим – ПЧ, то есть вычитание из результата цифрового преобразования (ЦП) значения промежуточной частоты (ПЧ) или +ПЧ нажатием микро кнопки S2, то есть суммирование результата ЦП и значения ПЧ. Или при одновременным включение микро кнопок S1 и S2 перевод в режим установки значения ПЧ непосредственно самим пользователем – записывается ПЧ, причем по умолчанию значение ПЧ = 10,7МГц. При этом показания ЖКИ - индикатора определяются выражением

$$F_{ex} \cdot K\delta \pm F_{пч} \quad (1.1)$$

После отпускания (выключения) микро кнопок цифровое значения запоминается в памяти микроконтроллера ЖКИ - индикатора.

## **4. Разработка конструкции ПЧЦК**

### **4.1 Печатная плата счетного блока преобразователя**

Конструкция ПЧЦК исполнена на стандартных радиоэлементах промышленного производства, которые располагаются на печатной плате.

С учетом анализа технического задания и, что условия эксплуатации преобразователя лабораторные, а так же допускаемые значения воздействующих факторов по 4 группам жесткости в соответствии с ГОСТ 23752-79 «Платы печатные. ОТУ», устанавливаем – печатная плата (ПП) должна соответствовать ГОСТ 23752-79 и первой группе жесткости.

Печатный монтаж (ПМ) позволяет обеспечить простоту сборки, а также уменьшить вес и габаритные параметры конструкции, использовать возможность автоматизации и механизации в процессе сборки и монтажа.

При печатном монтаже электрические соединения элементов электрического модуля выполнены с помощью печатных проводников. ПМ относится к групповому монтажу и обеспечивает все электрические соединения в течение одного технологического цикла, то есть обеспечивает технологичность конструкции.

Применение ПП обеспечивает существенное повышение плотности межэлементных соединений и миниатюризации конструкции.

При этом ПП стабильно обеспечивает повторяемость электрических параметров от изделия к изделию, отсутствие ошибок в ее монтаже, повышает надежность и качество преобразователя, снижает как трудоемкость так и себестоимость преобразователя и наконец, повышает производительность труда при его производстве.

Используя государственные и отраслевые стандарты ГОСТ 29137-91 «Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования», осуществим компоновку одним из выбранных методом.

Определяем габаритные размеры радиоэлементов (РЭ), их установочные и присоединительные способы, а также варианты установки на ПП.

Электрическое соединение РЭ осуществляем печатными проводниками, условно изображая и в виде линий [6,7].

Трассировку межэлементных соединений на ПП производим согласно требованиями ГОСТ 2.417-91 «Платы печатные. Правила оформления чертежей».

Кроме того выбираем габаритные размеры и конфигурацию ПП, учитывая требования ГОСТ 10317-79 «Платы печатные. Основные размеры».

В результате компоновки разработана, с помощью пакета прикладных программ Р – САД 2001РСВ, ПП простой прямоугольной формы, габаритными размерами (90×40), то есть размеры сторон кратны 2,5 и соотношение сторон близко 2:1.

Толщина ПП выбрана платы с учетом нагрузки на нее РЭ согласно ГОСТ 23751- 86 и равна 1,5 мм.

Материал для ПП определен ГОСТ 10316-78 «Гетинакс и стеклотекстолит фольгированные. ТУ».

В условиях высокой влажности и значительных тепловых воздействий рекомендуется применять не дорогой, обладающий достаточно хорошими эксплуатационными характеристиками стеклотекстолит фольгированный типа СФ-1(2)-35-1,5.

По конструктивным особенностям ПП с жестким основанием подразделяются на следующие типы:

- односторонние ПП;
- двухсторонние ПП);
- многослойные ПП.

В нашей бакалаврской работе компоновка выполнена на односторонней ПП.

Односторонние печатные платы имеют низкую стоимость, высокую надежность, компоненты устанавливаются на той стороне ПП, которая свободна от монтажа и корпусов РЭ и в тоже время не требуют их дополнительной изоляции от самой ПП.

Точность выполнения печатного рисунка высокая, не требует металлизация посадочных отверстий и поэтому можно применить химический метод изготовления ПП.

По степени точности выполнения элементов проводящего рисунка ПП разделяются на пять классов ГОСТ 23751-86 «Платы печатные. Основные параметры конструкции».

Мы останавливаемся на третьем классе точности, так как он свойственен печатным платам, содержащим интегральные микросхемы ИМС и просты при изготовлении и надежны в работе, кроме того обладают низкой стоимостью.

По количеству используемых элементов ПП в нашем случае представляет собой плату средней насыщенности.

При применении преобразователя в условиях повышенной влажности, для защиты паяных соединений от коррозии используем бесцветный лак типа ЗП-730 В2.4.

Такое лаковое покрытие имеет высокую стойкостью к влиянию атмосферы [7].

Печатная плата счетного блока имеет следующие геометрические размеры 90x40x15 мм.

Ее поверхность печатной оптимальную точность и шероховатость:

h 14 — для габаритных размеров платы;

- Н 12 - для крепежных отверстий;
  - R<sub>z</sub>40 — для торцевых поверхностей;
  - R<sub>z</sub>80 — для не металлизированных отверстий и торцевых поверхностей
- в ПП три типа размера монтажных отверстий.

ПП предполагается размещать внутри корпуса преобразователя крепить ее винтами М3, используя при этом три крепежных отверстия диаметром равном 3,2Н12.

## **4.2 Компоновка печатной платы ПЧЦК**

Сам процесс разработки ПП состоит из следующих этапов:

1) компоновка ПП, в ходе которой устанавливается оптимальное расположение всех навесных элементов на ней, исходя из электрической схемы преобразователя.

По результатам компоновки определяется также и размещение контактных площадок под подключение РЭ;

2) разводка («трассировка») печатных проводников с целью проведения электрических проводников, для соединения контактных площадок так, чтобы они обладали наименьшей длиной;

3) оформление самого чертежа печатной платы с выполнением требований соответствующих стандартов.

Компоновка ПП, это расположение на ее поверхности резисторов, конденсаторов, транзисторов, диодов, дросселя, а также ИМС и разъема преобразователя.

По итогам проведенной компоновки устанавливаются геометрические

размеры, форма, вес счетного блока, а также взаимное расположение элементов на ПП [6,7].

Обычно требуется выполнять такие требования как:

1) между отдельными элементами должны отсутствовать паразитные электрические связи, которые могут существенно изменять характер требуемых взаимных связей и приводить к ненормальной работе преобразователя;

2) тепловые поля, возникающие на ПП из-за существенного нагрева отдельных радиоэлементов (РЭ), строго обязаны не ухудшать технические параметры преобразователя в целом;

3) необходимо также обеспечить легкий доступ к РЭ с целью предстоящего контроля параметров, ремонта и последующего обслуживания.

4) геометрические размеры вес ПП счетного блока должны быть как можно минимальными.

Паразитные обратные связи обусловлены взаимным расположением отдельных РЭ и соединяющими их проводников.

В результате компоновки получили плату с односторонним расположением элементов см. рисунок 4.1.

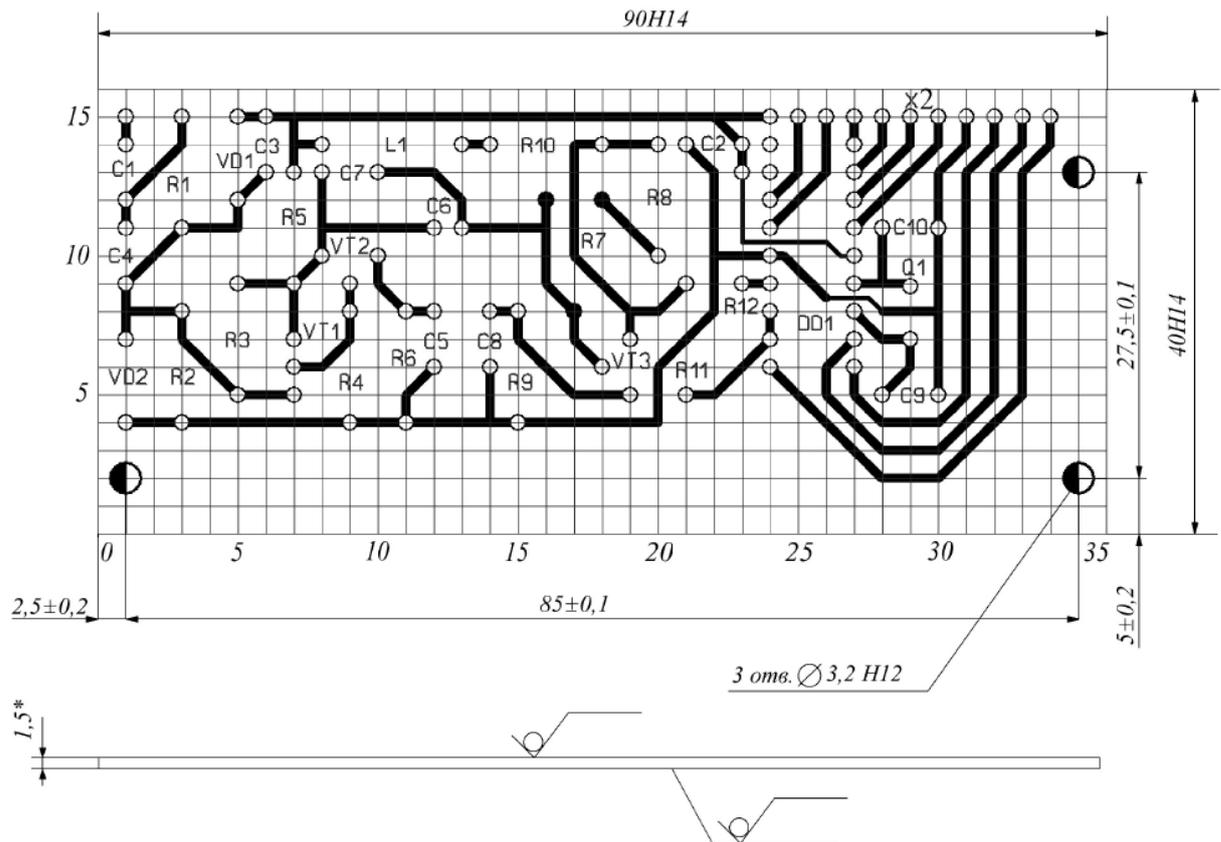


Рисунок 4.1 – Печатная плата счетного блока ПЧЦК.

### 4.3 Расчет печатной платы

Исходными данными служат следующие значения [6,7]:

- максимальные значения диаметров выводов навесных РЭ, располагаемых на ПП, мм:

$$d_{31} = 0,8;$$

$$d_{32} = 1,1.$$

- класс точности изготовления ПП – третий;
- тип ПП – односторонняя с металлизацией монтажных отверстий;
- чертеж «Плата печатная» с геометрическими размерами сторон

90x40мм;

Таблица 4.1

Параметры элементов печатного монтажа	Размеры элементов проводящего рисунка для классов плотности		
	1	2	3
Ширина проводников, t	0.75	0.45	0.25
Расстояние между проводниками L, мм	0.75	0.45	0.25
Контактный поясok, b	0.3	0.2	0.3

Номинальные значения диаметров монтажных отверстий равны

$$D = d_3 + r + \Delta d_{\text{но}}, \quad (4.1)$$

здесь :  $d_3$  – максимальное значение диаметра вывода навесного элемента, мм;  
 $r$  – разность между минимальным значением диаметра отверстия и  
максимальным значением диаметра вывода устанавливаемого РЭ,

$$r = (0,1 \div 0,4) \text{ мм};$$

$\Delta d_{\text{но}}$  – нижнее значение предельного отклонение диаметра отверстия,

$$\Delta d_{\text{но}} = 0,1 \text{ мм.}$$

$$d_1 = 0,8 + 0,3 + 0,1 = 1,2 \text{ мм};$$

$$d_2 = 1,1 + 0,3 + 0,1 = 1,5 \text{ мм.}$$

Исходя из типового ряда предпочтительных размеров монтажных отверстий  
выбираем:

$$d_1 = 1,1 \text{ мм};$$

$$d_2 = 1,5\text{мм};$$

Итоги расчетов объединяем в таблицу 4.2, а число однотипных диаметров монтажных отверстий определяем из чертежа ПП.

Таблица 4.2

Условное обозначение отверстий	Диаметр отверстия, мм	Наличие металлизации отверстий	Количество отверстий	Минимальный диаметр контактной площадки, мм
	1,2	Нет	90	1,8
	1,5	Нет	3	2,1
	3,2Н 12	Нет	3	-

Номинальная величина ширины печатных проводников определяется следующим выражением

$$t = 2t_{\text{мд}} + |\Delta t_{\text{но}}|,$$

где:  $t_{\text{мд}}$  – минимально возможная ширина печатного проводника равная

$$t_{\text{мд}} = 0,25\text{мм};$$

$\Delta t_{\text{но}} = \pm 0,05\text{мм}$  – нижнее минимальное отклонение ширины печатного проводника, тогда

$$t = 2 \times 0,25 + 0,05 = 0,55\text{мм}.$$

При этом значение ширины печатных проводников равна

$$t_{\text{ш}} = 0,55\text{мм}.$$

Далее вычислим номинальное значение расстояния между соседними печатными проводниками рисунка ПП исходя из выражения

$$S = 2S_{\text{мд}} + |\Delta t_{\text{во}}|,$$

где

$$S_{\text{мд}} = 0,25 \text{ мм},$$

представляет минимально – возможное расстояние между соседними печатными проводниками;

$\Delta t_{\text{во}}$  – верхнее максимально допустимое отклонение ширины печатного проводника.

Тогда

$$S = 2 \times 0,25 + 0,05 = 0,55 \text{ (мм)}.$$

Номинальная величина диаметра контактной площадки печатного проводника

$$D = (d + \Delta d_{\text{во}}) + 2b + \Delta t_{\text{во}} + 2\Delta d_{\text{тр}} + \sqrt{T_d^2 + T_p^2} + \Delta t_{\text{но}},$$

Здесь:

$\Delta d_{\text{во}}$  – верхнее предельно - допустимое отклонение диаметра отверстия контактной площадки;

$$b = 0,1 \text{ мм служит гарантийным «пояском»}, b = 0,1 \text{ мм};$$

$\Delta d_{\text{тр}}$  – величина под травления ПП диэлектрика, равная нулю для односторонней печатной плате;

$T_d$  – величина позиционного допуска расположения центров отверстий относительно узлов координатной сетки;

$T_p = 0,15 \text{ мм}$ , служит величиной позиционного допуска по размещению контактных площадок печатных проводников относительно их номинального положения.

С учетом сказанного

$$D_{1\text{расч}} = (1,2 + 0,1) + 2 \times 0,1 + 0,05 + 2 \times 0 + \sqrt{0,15^2 + 0,08^2 + 0,05^2} = 1,73 \text{ мм};$$

а

$$D_{2\text{расч}} = (1,5 + 0,1) + 2 \times 0,1 + 0,05 + 2 \times 0 + \sqrt{0,15^2 + 0,08^2 + 0,05^2} = 2,05 \text{ мм}.$$

Так как табличные значения величин

$$D_{1\text{табл}} = 2,25 \text{ мм и } D_{2\text{табл}} = 2,35 \text{ мм, то}$$

$$D_{1\text{расч}} < D_{1\text{табл}} \text{ и } D_{2\text{расч}} < D_{2\text{табл}}$$

и, следовательно, проведенный расчет верен.

## **5. Определение стоимости основных и вспомогательных материалов, включая комплектующие изделия**

Необходимая потребность производства в основных и вспомогательных материалах определяется составом сборочного чертежа разработанного ПЧЦК, а их стоимость рассчитываем согласно их рыночной стоимости [18]. Результаты данного расчета приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Наименование материала	Ед. измер.	Цена единицы, руб.	Кол-во на изделие	Сумма на изделие, т.руб.
Лак УР-231	л.	42,80	0,0006	0,02
Припой ПОС-61			0,0269	5,15
Спирто-бензиновая смесь, СБС			0,0004	0,01
Флюс ФКСп			0,0080	0,41
Эмаль МКЭБ			0,0001	0,01
Итого:	руб.	-	-	5,60
Транспортно-заготовительные расходы (5 %)	руб.	-	-	0,28
Всего:	руб.	-	-	5,88

То есть стоимость основных и вспомогательных материалов, учитывая транспортные и заготовительные расходы, равна 5880 руб.

Потребность производства в комплектующих изделиях устанавливается также составом сборочного чертежа разработанного ПЧЦК, а их стоимость рассчитывается согласно их рыночной цене [19].

Результаты расчета сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2

Наименование комплектующих изделий	ед. измер.	Цена единицы, руб.	Кол-во, шт.	Сумма на изделие, руб.
Диод КД522Б	шт.	0,63	2	1,26
Дроссель ДМ-0.6-10МкГн	шт.	3,10	1	3,10
ЖК дисплей НУ-1602Н7	шт.	120,0	1	120,00
Кварцевый резонатор НС49/U-4,000МГц	шт.	25,00	1	25,00
Конденсатор К10-62-18пФ	шт.	0,65	1	0,65

Продолжение таблицы 5.2

Наименование комплектующих изделий	Единица измер.	Цена за единицу, руб.	Кол-во, шт.	Сумма за изделие, руб.
Конденсатор К10-62-22пФ	шт.	0,74	2	1,48
Конденсатор К10-7В-68пФ	шт.	0,15	1	0,15
Конденсатор К50-40-15В-100мкФ	шт.	0,70	1	0,70
Конденсатор К73-39-150пФ	шт.	6,58	1	6,58
Конденсатор К73-39-1500пФ	шт.	6,58	1	6,58
Конденсатор К73-39-4,7нФ	шт.	6,58	1	6,58
Конденсатор К73-69-0,47мкФ	шт.	6,58	2	13,16

Микрокнопка КМ1	шт.	5,00	2	10,00
Микросхема PIC16F84A-201/P	шт.	130,0	1	130,00
Разъем СР-50-73ФВ	шт.	16,0	1	16,00
Разъем MOLEX-41662-2,5	шт.	16,5	1	16,50
Резистор МЛТ-0,125	шт.	0,50	11	5,50
Резистор СПЗ-22-0,25-56КОм	шт.	20,07	1	20,07
Транзистор КП313А	шт.	7,50	1	7,50
Транзистор КТ399А	шт.	22,5	2	45,0
Печатная плата ПП	шт.	14,26	1	14,26
Итого:	руб.	-	-	450,07
Транспортно-заготовительные расходы (5 %)	руб.	-	-	22,50
Всего:	руб.	-	-	472,57

То есть, стоимость комплектующих изделий с учетом транспортных и заготовительных расходов составила 472570 руб.

В то время как общая стоимость основных и вспомогательных материалов, включая комплектующие элементы составляет 478450 руб.

## **6. Необходимые меры безопасности при сборке преобразователя**

Охрана труда, это система законодательных актов, а также социальных, экономических, организационных, технических и лечебно-профилактических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности и сохранения здоровья, работоспособности человека в процессе его трудовой деятельности [20].

Участок сборки и монтажа, на котором изготавливается преобразователь частоты в цифровой код, обладает рядом опасных и вредных внешних воздействий.

Согласно ГОСТ 12.003 –99 опасные и вредные производственные воздействия подразделяются на:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психо - физиологические.

На участке монтажа наблюдаются такие опасные и вредные факторы как:

- опасные, включающие ожоги кожных поверхностей паяльниками и паяльными установками и применяемыми материалами и изделиями; действия статического электричества; поражение электрическим током.
- вредные, это плохая освещённость рабочей зоны монтажа и сборки; отравление испарениями флюса, припоя, спирто - бензиновой смесью; монотонность трудовой деятельности.

В виду того, что на участке присутствует электрооборудование, в виде паяльных установка и осветительных ламп, то имеется реальная опасность поражения монтажника электрическим током.

Вместе с тем существует и опасность возникновения пожара в виду применения электронагревательных приборов, а также причинам электрического и не только электрического характера.

С целью защиты от процесса окисления мест пайки печатной платы используются флюсы на основе канифольно-спиртовых и хлористого цинка. При этом канифоль раздражает кожу, вызывая кожную сыпь, а хлористый цинк сильное раздражение, прожигать кожу и внутренние слизистые оболочки работника [21].

В процессе пайки радиоэлементов (РЭ) осуществляется загрязнение окружающей воздушной среды, а также одежды и кожных покровов рук свинцом, что приводит к отравлению.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздушной среде рабочего места отображены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс точности
Свинец и его неорганические соединения (по свинцу)	0,01/0,005	а	1
Свинца гидрохинонат	0,005	а	1

В рабочей зоне, где осуществляется процесс пайки припоем, с содержанием свинца, с целью устранения попадания свинца в организм работника, запрещается хранить личные вещи, курить, а также принимать пищу.

Кроме того не разрешается стирать спецодежду (спецовку) в домашних условиях.

Рабочая зона монтажника в обязательном порядке оборудуется вытяжной вентиляцией, цель которой обеспечить концентрацию свинца в рабочей зоне не более 0,01 мг/ м<sup>3</sup> [22].

Следуя статье 221 ТК РФ на работах с вредными и опасными условиями труда, работники должны быть обеспечены средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Причем правила обеспечения работников спецодеждой, специальной обувью и другими СИЗ утверждены постановлением Министерства труда РФ от 18.12.1998 г. № 51.

Согласно которому СИЗ должны выдаваться строго по типовыми и отраслевыми нормами.

В процессе производства ПЧЦК применяется труд работников, имеющих профессии:

1. комплектовщик необходимых изделий и инструмента;
2. маркировщик использующихся деталей и приборов;
3. монтажник сборки;
4. контролёр процесса сборки.

Согласно с «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работающим радиотехнического и электронного производств» утверждённых постановлением Министерства труда РФ от 25.12.1997 г. №66 необходимо регулярно выдавать специальные средства защиты, перечень которых отображен в таблице 6.2.

Профессия	Средства индивидуальной защиты	Кол-во На 12 месяцев
Комплектовщик изделий и инструмента	Фартук хлопчатобумажный	1
	Перчатки хлопчатобумажные	6 пар
Маркировщик	Халат хлопчатобумажный	1
Монтажник	Фартук хлопчатобумажный	1
Контролер	Халат вискозо-лафсановый	1
	Очки защитные	до износа

### **Меры пожарной безопасности на производственном участке.**

При изготовлении ПЧЦК используются легковоспламеняющиеся вещества и материалы. В связи с этим пожарная опасность рабочей зоны и всего помещения относится к категории В- II, на которых имеется возможность возникновения пожаров класса А;В;Е.

С целью устранения возможностей возникновения пожаров согласно ГОСТ 12.004 – 99 «Пожарная безопасность. Общие положения» пожарная безопасность обеспечивается системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационными и техническими мероприятиями [21].

В производственных помещениях используется комплексная противопожарная защита, которая включает:

- первичные средства тушения пожара;
- автоматические устройства пожарной сигнализации;
- установки, направленные на удаление дыма;

- системы, управляющие эвакуацией работников.

Организационно-технические мероприятия по обеспечению противопожарной безопасности заключаются в ознакомлении работников и вспомогательного персонала с правилами пожарной безопасности, соблюдению противопожарного режима и порядку действий в случае возникновения пожара.

С целью тушения возникших пожаров участок сборки оборудуется в соответствии с ППБ 01-99 «Правила пожарной безопасности в РФ».

На участке в обязательном порядке должны иметься первичные средств пожаротушения, то есть два порошковых огнетушителя с зарядом класса ABC(E), «GA» или «Пирант», вместимостью до 10 л.

При пользовании рабочем участком, должна быть обеспечена работоспособность всех его инженерных средств противопожарной защиты. При этом автоматическую систему пожарной сигнализации предусматривают согласно с НПБ 110-99 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией».

Кроме того производственном участке должен быть предусмотрен пожарный водопровод, который используется с целью подачи необходимого количества технической воды в случае возникновения пожара в здании или на прилегающей площади.

Пожарные краны в каждом водопроводе располагаются так, чтобы каждая точка помещения омывалась двумя и более струями воды.

Одновременно пожарные краны комплектуются соединяемые с ними пожарными рукавами, а также и стволовыми соединениями, которые хранятся в шкафчиках с остеклёнными дверцами местах в:

- непосредственно на самом производственном участке;
- в коридоре не далеко от выхода.

Значение длины пожарных рукавов обычно не превышает 10,15 или 20 метров, а к системам противопожарного водоснабжения зданий должен быть обеспечен постоянный доступ для пожарных подразделений [22].

Удаление дыма может осуществляться и через открываемые оконные проёмы, так как это соответствует естественному побуждению работников.

## Заключение

В бакалаврской работе на основе обзора и анализа различных способов и средств преобразования частоты гармонического сигнала осуществлена разработка ПЧЦК на основе микроконтроллера (МК) типа PIC16F84A и полупроводниковых приборах (транзисторы, диоды).

Разработаны функциональная и принципиальная схемы цифрового преобразователя, описываются его основные характеристики, принцип работы и построения.

Разработана печатная плата счетного блока преобразователя, ее компоновка и расположение радиоэлементов.

В качестве материала печатной платы (ПП) счетного блока преобразователя применен стеклотекстолит фольгированный СФ-1-35-1,5. Геометрические размеры ПП счетного блока не превышают 90x40 мм.

В качестве элементной базы использованы МК типа PIC16F84A и полупроводниковые приборы (транзисторы, диоды).

Преобразователь имеет  $U_{вх} = (0,1 \div 0,7)$  мВ; диапазон преобразования – (10Гц÷30МГц); чувствительность – (0,1÷0,2)мВ.

В процессе выполнения бакалаврской работы закреплено умение пользоваться технической и справочной литературой, а также действующими в настоящее время отраслевыми и государственными стандартами.

## Список использованной литературы

1. Интернет сайт [www.ikarab.narod.ru](http://www.ikarab.narod.ru)
2. Аксенов А.И. Элементы схем бытовой радиоаппаратуры. Конденсаторы. Резисторы. Справочник. - Минск, 1995.
3. Полупроводниковые приборы: диоды. Справочник. Под ред. Г.И. Горюнова. - М.: Радио и связь, 1991.
4. Галкин В.И. Полупроводниковые приборы: транзисторы широкого применения. Справочник. - Минск, 1995.
5. Новаченко И.В. Интегральные схемы для бытовой радиоаппаратуры. - М.: Радио и связь, 1995.
6. Обоснование конструкции. Методическое пособие, РГКРИПТ, Ростов-Дон, 1999.
7. Техническое нормирование технологических процессов. Методическое пособие, РГКРИПТ, Ростов-Дон, 1995.
8. Кушнир, Ф. В. Электрорадиоизмерения: Учебное пособие для вузов,— Л.: Энергоатомиздат, 1983.—320 с.
9. Гутников, В.С. Фильтрация измерительных сигналов. Л.: Энергоатомиздат, 1990, 192 с.
10. Борноволоков, Э.П. «Радиолюбительские схемы», Киев, Техника, 1999.
11. Горюнов Н.Н. «Справочник по транзисторам». М., Энергоатомиздат, 1980.
12. Акимов, Н.Н. «коммутационные устройства РЭА. Справочник», Минск, «Беларусь», 1994г.
13. Королев, Г.В. «Электронные устройства автоматики», М., Высшая школа, 1983г.
14. Электрические измерения / Байда Л. И., Добротворский Н. С., Душин Е. М. и др.: Под ред. А. В. Фремке, Е. М. Душина.—Л.: Энергия, 1980.—392с.

15. Кушнир, Ф. В. Электрорадиоизмерения: Учебное пособие для вузов,— Л.: Энергоатомиздат, 1983.—320 с.
16. Кончаловский, В.Ю., Семенов В.Ф., Солодов Ю.С. Измерение частоты и интервалов времени. - М.: Изд-во МЭИ, 1999. -12 с.
17. Тихонов, В.И. Оптимальный прием сигналов. М.: Радио и связь, 1983, 320 с.
18. Экономика предприятия. Учебник. Под редакцией О.И. Волкова. «ИНФРА-М». М. 2003.
19. Экономика предприятия и отрасли промышленности. Под редакцией А.С. Пелих., «Феникс». Ростов-на-Дону. 2003.
20. Кукин П.Л, Лапин В.Л. «Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда»: М., Высшая школа, 2003.
21. Муравей Л. А. «Экология и безопасность жизнедеятельности»: М., ЮНИТИ, 2000.
22. Павлов С. П. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности, Москва, Радио и связь, 1985.